

Коэффициенты конструктивного исполнения зубчатых колес и коэффициенты пропорциональности принимаются равными: $k_b=1,3..2,4$; $k_h=1,08..1,85$; $k_1=1,4..2,5$; $k_2=0,27..0,42$; $\beta=1,1..1,17$; $k_d=0,7..0,82$. Для относительно узких зубчатых колес ($\psi_b \leq 0,15$) принимаются меньшие значения коэффициентов k_d , β и большие значения коэффициентов k_b , k_1 , k_2 .

На рис. 1, а) показана зависимость критерия R_A от параметров p и i_z , а на рис. 1, б) от параметра p при определенном общем передаточном отношении p и i_o . Графики на рис. 1,а) показывают степень влияния каждого из параметров p и i_z на величину расхода энергии A . Из рис. 1,б видно, что для каждого передаточное отношение i_o существует единственное сочетание p и i_z при которых величина R_A будет наименьшая. Оптимальные значения параметра p находятся как координата точки пересечения кривой R_A для соответствующего значения i_o с линией S_A , которая представляет собой линию минимальных значений критерия R_A .

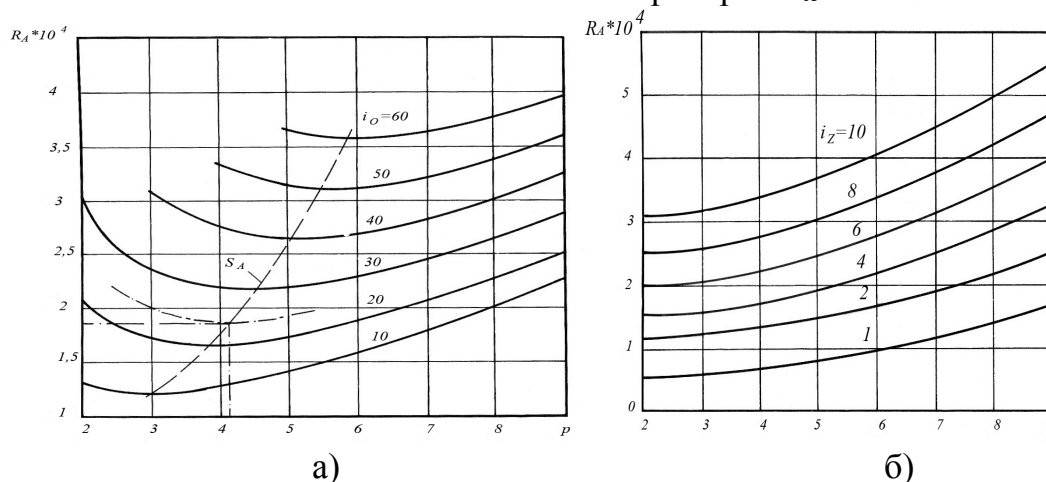


Рис. 1. Зависимость критерия R_A от передаточных отношений привода

По рис. 1,б) также можно оценивать степень завышения расхода энергии по сравнению с минимальным значением при неоптимальных параметрах привода. Например, при $i_o=25$ наименьший расход энергии будет при $p=4,12$ и $i_z=4,88$ (показано на рис. 2 штрихпунктирной линией). Если принять $p=3$ и $i_z=6,25$, расход энергии будет завышен в 1,06 раза.

Таким образом, получены аналитические зависимости для расчета критериев оптимальности в зависимости от параметров привода.

Список литературы: 1. Явтушенко А.В., Руденко А.В., Рыбинок В.А. Совершенствование систем включения кривошипных кузнечно-прессовых машин. –К.: Знание, 1980. –24 с. 2. Тынянов В. Н. О проектировании зубчатых приводов с наименьшей массой для кривошипных прессов // Кузнечно-штамповочное производство –1976, № 9, – С.31-34. 3. Планетарные передачи. Справочник. Под ред. В.Н.Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева. –Л.: Машиностроение, 1977. – 536 с.

УДК 621.791:539

ЛОБАНОВ В.К., докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», г. Харьков

ПАШКОВА Г.И., канд. техн. наук, ГП «Завод им. В.А. Малышева», г. Харьков

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРЕССОВ ПУТЕМ ИМПУЛЬСНОЙ РАЗГРУЗКИ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ

Исследовано влияние различных стабилизирующих обработок на свойства стальных сварных образцов. Показана эффективность метода вибрации с импульсной разгрузкой для уменьшения уровня остаточных напряжений в образцах в 1,3-2,3 раза и обеспечения их геометрической стабильности.

Ключевые слова: остаточные напряжения, геометрическая стабильность, вибрационная обработка, импульсная разгрузка, сварные образцы

Досліджено вплив різноманітних стабілізуючих обробок на властивості сталевих зварних зразків. Показана ефективність методу вібрації з імпульсним розвантаженням для зменшення рівня залишкових напружень у зразках в 1,3-2,3 рази та забезпечення їх геометричної стабільності.

Ключові слова: залишкові напруження, геометрична стабільність, вібраційна обробка, імпульсне розвантаження, зварні зразки

The influence of various types of stabilizing process on properties of welding samples from steels was studied. The effect of influence of vibration method with impulsive unloading using on remained stresses distribution (reduction then 1,3-2,3 as less) and geometrical stability of samples was showed.

Key words: residual stresses, geometrical stability, vibration method, impulsive unloading, welding samples

1. Введение

Стабилизация уровня остаточных напряжений и размеров сварных станин прессов является одной из важнейших задач машиностроения. Наиболее вероятным потенциальным источником возникновения таких напряжений является неравномерная пластическая деформация, обусловленная термическими напряжениями при сварке. Для стабилизации уровня остаточных напряжений применяются различные релаксационные процессы [1]. Наиболее универсальный из них – термическое воздействие путем высокого отпуска деталей (600...650°C). Однако этот способ требует значительных затрат природного газа. Поэтому в настоящее время получили распространение методы стабилизации остаточных напряжений и геометрии деталей с помощью вибрационной обработки [2-4].

2. Постановка проблемы

Наиболее часто применяется вибрационная обработка с возбуждением в деталях вынужденных незатухающих колебаний определенной амплитуды. Это позволяет значительно снизить энергозатраты и трудоемкость при проведении стабилизирующей обработки, однако связано с использованием вибраторов, создающих определенный уровень шума, что не всегда приемлемо, а также с необходимостью выбора для каждой конкретной детали основных параметров вибрационного воздействия (вида динамического напряженного состояния, необходимого уровня динамических напряжений, условий крепления детали и т.д.). Разработан метод вибрационной обработки, свободный от указанных недостатков. Суть его заключается в возбуждении в детали свободных затухающих колебаний в результате практически мгновенного (импульсного) снятия приложенной заранее статической нагрузки (ВИР-метод) [5]. Целесообразно определить эффективность указанного способа вибрационной обработки крупных деталей типа станин кривошипных прессов.

Целью настоящей работы являлась оценка эффективности различных видов релаксационной обработки для стабилизации уровня остаточных напряжений в зоне шва и обеспечения геометрической стабильности сварных деталей.

3. Методика исследования

В качестве объектов исследования были использованы модельные сварные образцы из стали 20. Образцы представляли собой незамкнутые кольца с наружным диаметром 240 мм с поперечным сварным швом, выполненным напротив разреза.

Исследованы следующие варианты релаксационной обработки:

1. отпуск при температуре $650 \pm 10^\circ\text{C}$, 1,5 ч;
2. вибрационная обработка путем возбуждения вынужденных резонансных колебаний (ВРК-метод);
3. метод вибрации с применением импульсной разгрузки (ВИР-метод).

В качестве исходного принят вариант со сваркой без последующей обработки.

Возбуждение вынужденных резонансных колебаний осуществляли с помощью установки модели 489Р, состоящей из подпружиненного вибростола с укрепленным на нем дебалансным вибратором типа ИВ-98 и пульта управления, позволяющего изменять частоту вибровозбудителя от 20 до 100 Гц.

Опытная установка для обработки ВИР-методом представляет собой специальное приспособление для импульсной разгрузки образцов, установленное на универсальную машину типа УМЭ-10ТМ. Приспособление состоит из нагружающего устройства, которое с помощью тарельчатых пружин и спускового механизма с большой скоростью отбрасывает пуансон от образца, в результате чего в освобожденном от статической нагрузки образце возникают свободные затухающие колебания (рис. 1).

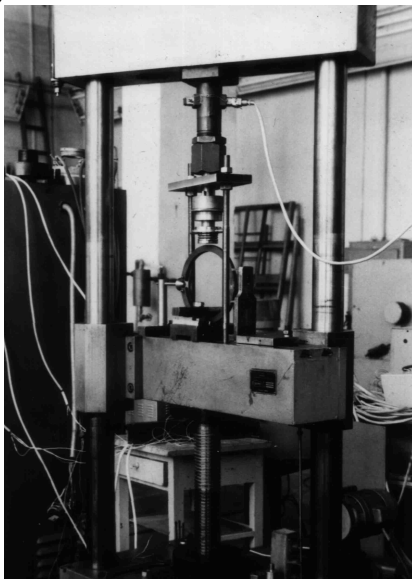


Рис. 1. Общий вид установки для ВИР-обработки

Остаточные макронапряжения определяли на поверхности образцов рентгеновским $\sin^2\psi$ -методом на стационарном дифрактометре типа ДРОН-3 в излучении Сг-анода. Оценку геометрической стабильности образцов проводили путем определения остаточной деформации (ΔL) после испытаний образцов при действии на них в течение 144 ч статической нагрузки равной 0,8 предела пропорциональности ($\sigma_{\text{пл}}$).

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли по стандартной методике [6]. Оценку однородности распределения остаточных напряжений вблизи сварного шва определяли по величине среднего квадратического отклонения (S).

4. Результаты исследований

Обработка ВИР-методом проводилась при различных значениях начального статического усилия (0,6 кН; 1,0 кН; 1,4 кН), которые соответствуют напряжениям в зоне сварки равным $0,28\sigma_{\text{пл}}$; $0,45\sigma_{\text{пл}}$; $0,6\sigma_{\text{пл}}$, и при разном количестве циклов нагружения.

Результаты определения значений остаточных напряжений в сварных образцах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние параметров ВИР-обработки на величину остаточных напряжений в сварных образцах

№ п/п	Параметры ВИР-обработки		Среднее значение $\sigma_{ост}$, МПа	S
	Начальная статическая нагрузка, кН	Количество циклов нагружения		
1	0,6	исходный	- 220	29,8
		1	- 215	15,1
		5	- 205	42,0
		10	- 230	25,7
2	1,0	исходный	- 265	34,2
		1	- 260	20,5
		5	- 213	9,6
		10	- 270	38,4
3	1,4	исходный	- 260	36,1
		1	- 240	35,3
		5	- 233	25,9
		10	- 250	38,6

Как свидетельствуют полученные данные, наиболее целесообразной является пятикратная обработка ВИР-методом, так как при однократной обработке практически не происходит изменения величины остаточных напряжений по сравнению с исходным вариантом, а увеличение количества циклов обработки до 10 приводит к некоторому росту значений остаточных напряжений по сравнению с пятикратной обработкой и вызывает увеличение неоднородности их распределения. Установлено, что уменьшение остаточных напряжений вблизи сварного шва наряду с их наибольшей однородностью обеспечивается при значении начальной статической нагрузки 1,0 кН.

Поэтому дальнейшие результаты приведены для ВИР-обработки по оптимальному режиму (величина начального статического усилия 1,0 кН, количество циклов нагружения – 5).

В таблицах 2 и 3 представлены результаты исследования остаточных напряжений и остаточной деформации, характеризующие влияние на них различных стабилизирующих обработок.

Анализ полученных результатов (см. табл. 2) свидетельствует о том, что отпуск при температуре $650 \pm 10^\circ\text{C}$ приводит к снижению остаточных напряжений в 2,2 раза, существенно повышая при этом однородность их распределения, что подтверждается подсчетом выборочного среднеквадратического отклонения. Снижение остаточных напряжений при таком отпуске сопровождается некоторой остаточной деформацией образцов (см. табл. 3).

Вибрационная обработка с помощью вынужденных незатухающих колебаний на резонансных режимах также понижает уровень остаточных напряжений в сравнении с исходным вариантом в 1,85-2,25 раза. При этом, судя по значениям S, виброобработка в течение 30 сек позволяет уменьшить неоднородность распределения ос-

таточных напряжений. Увеличение времени ВРК-обработки до 900 сек приводит к существенному увеличению неоднородности распределения $\sigma_{ост}$.

Следует подчеркнуть, что длительная виброобработка в резонансном режиме при высоких значениях амплитуд напряжений ($0,5 \dots 0,7 \sigma_{пл}$) приводит к образованию в сварных швах микротрещин и даже к разрушению образцов. Кроме того, при такой обработке возникает значительная остаточная деформация (см. табл. 3).

Таблица 2

Влияние различных стабилизирующих обработок на уровень остаточных напряжений в сварных образцах

№ п/ п	Вариант обработки		Значения остаточных напряжений $\sigma_{ост}$, МПа						
			Расстояние от края сварного шва					$\sigma_{ост}$ (сред- нее)	S
			Левая сторона		Центр шва	Правая сторо- на			
			2 мм	1 мм		—	1 мм		
1	отпуск	ис- ход- ный	- 170	- 200	+100	- 250	- 180	- 200	35,6
		650 ± 10°C, 1,5 ч	- 80	- 110	+40	- 90	- 78	- 90	14,6
2	ВРК-обра- ботка*	ис- ход- ный	- 220	- 225	+180	- 200	- 210	- 214	11,1
		30 сек	- 120	- 100	+50	- 110	- 95	- 106	10,9
		900 сек	- 95	- 65	+85	- 145	- 75	- 95	35,6
3	ВИР-обра- ботка**	ис- ход- ный	- 260	- 220	+200	- 280	- 300	- 265	34,2
		5 ци- клов	- 220	- 210	+90	- 200	- 220	- 213	9,6

* – при частоте 100 Гц;

** – начальная статическая нагрузка 1 кН

Таким образом, при использовании метода возбуждения вынужденных колебаний на резонансной частоте следует тщательно подбирать время обработки, чтобы избежать искусственного снижения долговечности детали в условиях последующей эксплуатации.

Таблица 3

Влияние различных стабилизирующих обработок на величину остаточной деформации сварных образцов

№ п/п	Вариант обработки	Величина остаточной де- формации ΔL , мм
1	Сварка без последующей обработки (исходный)	0,51

2	Отпуск при $650 \pm 10^{\circ}\text{C}$, 1,5 ч	0,21
3	Вибрационная обработка ВРК-методом* в течение 30 с	0,19
4	Вибрационная обработка ВРК-методом* в течение 900 с	1,3
5	Вибрационная обработка ВИР-методом (1 кН, 5 циклов)	0,20

* – при частоте 100 Гц

От таких недостатков свободен метод ВИР-обработки, позволяющий, с одной стороны, строго регулировать уровень напряжений путем задания величины начальной статической нагрузки, а с другой стороны, использовать минимальное количество циклов нагружения.

ВИР-обработка при оптимальном режиме приводит к уменьшению значений остаточных напряжений вблизи сварного шва, обеспечивая одновременно наибольшую однородность их распределения.

Из приведенных в таблице 3 данных следует, что отпуск при $650 \pm 10^{\circ}\text{C}$, виброобработка ВРК-методом в течение 30 сек и ВИР-обработка по оптимальному режиму приводят к практически одинаковой остаточной деформации, вдвое меньшей, чем у образцов после сварки. Это позволяет сделать вывод о высокой эффективности вибрационной обработки для стабилизации геометрии деталей.

5. Выводы

Проведенное сравнение эффективности исследованных стабилизирующих обработок показало, что эти методы позволяют снизить остаточные макронапряжения в 1,3...2,3 раза, а также (при оптимальных режимах) обеспечивают уменьшение среднеквадратического отклонения величины напряжений, характеризующего неоднородность их распределения вблизи сварного шва, в 1,1...3,5 раза.

Показана практически одинаковая эффективность исследованных методов для стабилизации размеров образцов при воздействии на них длительного статического нагружения в упругой области.

Установлено, что остаточные макронапряжения не являются единственным определяющим критерием вибрационной обработки, так как величина снижения и их абсолютные значения не связаны однозначно со стабильностью размеров образца или детали.

Варьированием основных параметров ВИР-обработки выявлено, что наиболее эффективным является режим, при котором сумма начальных динамических и остаточных напряжений примерно на 10 % превышает предел пропорциональности $\sigma_{\text{пл}}$ при выбранной схеме нагружения. Причем для создания более однородного напряженного состояния число циклов обработки должно равняться 5.

Следовательно, вибрационная обработка является эффективным способом снижения уровня остаточных напряжений в сварных деталях и стабилизации их геометрии, причем из двух исследованных способов более предпочтительным является метод виброобработки импульсной разгрузкой как более управляемый, менее энергоемкий и не требующий защиты от шума.

Список литературы: 1. Хрупкие разрушения сварных конструкций / У.Дж. Холл, Х. Кихара, В. Зут, А.А. Уэллс – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с. 2. Сагалевиц В.М., Завалишин М.Н., Нашивочников В.В. Устранение деформаций сварочных балочных конструкций вибрацией // Сварочное производство. – 1979. – № 9. – с. 28-32. 3. Шнеер Ф.З., Панов В.И. Вибрационная обработка крупногабаритных конструкций с целью уменьшения деформации и склонности к образованию трещин // Сварочное производство. – 1983. – № 5. – с. 13-15. 4. Дрыга А.И. Гибкий автоматизированный участок с виброкомплексом для обработки корпусных деталей // Станки и инструмент. – 1992. – № 3. – с. 2-3. 5. А. с. № 637232 СССР. Способ снижения остаточных напряжений в деталях / В.Г. Алешинский, В.Н. Киселев, В.Д. Пененко, В.А. Скаженник, М.Л. Туревский, Д.Я. Фурман. Оpubл. 1978, Бюл. № 46. 6. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

УДК 621.73

ПИРОГОВ Д.Л., ст.преподаватель, КДУ, м. Кременчук

ТРАНСФОРМИРУЕМОЕ МОДУЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ

Рассмотрены процессы дробления отходов твердых сплавов машиностроительного производства. Разработана новая технология - многостадийное совмещенное взрывоударное дробление твердосплавных отходов от одного заряда. Разработана модульная конструкция многокамерного взрывоударного контейнера. Приведены результаты экспериментальных исследований. Предложена математическая модель расчета параметров взрывной камеры.

Ключевые слова: твердые сплавы, взрыв, удар, взрывной контейнер, ударные волны.

Розглянуто процеси дроблення відходів твердих сплавів машинобудівного виробництва. Розроблена нова технологія - багатостадійне сумісне вибухово-ударне дроблення твердосплавних відходів від одного заряду. Розроблена модульна конструкція багатокамерного вибухово-ударного контейнера. Приведені результати експериментальних досліджень. Запропонована математична модель розрахунку параметрів вибухової камери.

Ключеві слова: тверді сплави, вибух, удар, вибуховий контейнер, ударні хвилі.

The processes of crushing of wastes of hard alloys of machine-building production are considered. New technology – many-staged combined explosion-shock crushing of carbide-tipped wastes is developed. The module construction of multicameral explosion-shock container is developed. The results of experimental researches are resulted. The mathematical model of calculation of parameters of explosive chamber is offered.

Keywords: hard alloys, explosion, blow, explosive container, waves of shocks.

1. Вступ.

Тверді сплави в господарському комплексі кожної країни мають дуже важливе значення. Так переваги прогресивного способу виготовлення виробів холодним штампуванням часто повністю не використовуються унаслідок низької стійкості інструменту. Прилипання штампованого металу, задираки, знос робочих поверхонь матриці і пуансона витяжних, формувальних, чеканках, обтискових і інших штампів є основною причиною виходу їх з ладу. Вживані в практиці заходи для збільшення терміну служби штампу (хромування, термохімічна обробка) не вирішують повністю вказані проблеми. Армування штампів для холодного штампування твердосплавними вставками усуває прилипаемость оброблюваного ме-